

Pemetaan distribusi keramba jaring apung (I Nyoman Radiarta)

PEMETAAN DISTRIBUSI KERAMBA JARING APUNG IKAN AIR TAWAR DI WADUK CIRATA, JAWA BARAT DENGAN *MULTI TEMPORAL* DATA ALOS AVNIR-2

I Nyoman Radiarta dan Idil Ardi

Pusat Riset Perikanan Budidaya
Jl. Ragunan 20, Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12540
E-mail: radiarta@yahoo.com

(Naskah diterima: 31 Agustus 2009; Disetujui publikasi: 12 Oktober 2009)

ABSTRAK

Budidaya ikan air tawar dengan keramba jaring apung (KJA) telah memberikan kontribusi yang cukup besar bagi peningkatan produksi perikanan, menyediakan lapangan kerja, dan perbaikan perekonomian masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan distribusi keramba jaring apung ikan air tawar di Waduk Cirata, Jawa Barat. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *multi temporal* data satelit *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) *Advance Visible and Near Infrared Radiometer type 2* (AVNIR-2) tanggal 27 Juni 2008 dan 27 September 2008. Validasi data satelit telah dilakukan melalui survei lapangan pada tanggal 17 April 2009. Hasil klasifikasi data satelit dan estimasi luasan menunjukkan adanya peningkatan luasan KJA dari 892 ha pada bulan Juni 2008 menjadi 949 ha pada bulan September 2008, sedangkan luasan waduk menunjukkan penurunan yaitu 5.839 ha pada bulan Juni 2008 menjadi 4.818 ha pada bulan September 2008. Hasil pemetaan dan estimasi luasan dari penelitian ini berguna sebagai data dasar yang dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan pengelolaan waduk yang lebih baik.

KATA KUNCI: keramba jaring apung, remote sensing, Waduk Cirata, ALOS AVNIR-2

ABSTRACT: *Mapping of fresh water fish cage culture distribution in Cirata Reservoir, West Java using multi temporal ALOS AVNIR-2 data. By: I Nyoman Radiarta and Idil Ardi*

Freshwater cage aquaculture is of a great importance to increase aquaculture production, provide employment opportunity and improve rural economy. The aim of this study was to map the distribution of freshwater cage aquaculture in Cirata Reservoir, West Java. The main data source used in this study include a multi temporal satellite data of ALOS AVNIR-2 acquired on Juni 27, 2008 and September 27, 2008. Satellite data were validated through field visit on April 17, 2009. Based on image classification and area estimation, the results show that increasing trend of cage culture area from 892 ha in June 2008 to 949 ha in September 2008. Meanwhile, decreasing trend was observed for reservoir area: 5,839 ha in June 2008 to 4,818 ha in September 2008. Results from this study can be used as a basic information for a better planning and management of the reservoir.

KEYWORDS: cage culture, remote sensing, Cirata Reservoir, ALOS AVNIR-2

PENDAHULUAN

Budidaya ikan air tawar sangat berperan penting bagi perkembangan komersial perikanan budidaya di Indonesia. Hal ini disebabkan produk yang dihasilkan dapat menjadi sumber protein bagi kebutuhan masyarakat. Berkembangnya kegiatan budidaya ikan air tawar dapat pula membuka lapangan kerja dan meningkatkan perekonomian masyarakat sekitarnya. Produksi perikanan budidaya ikan air tawar di Indonesia menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, dari 194351 ton tahun 1991 menjadi 741457 ton tahun 2007 (FAO, 2009). Dari total produksi perikanan budidaya tahun 2007, produksi perikanan budidaya air tawar memberikan kontribusi sekitar 24% dibawah produksi perikanan budidaya laut (48%) (FAO, 2009). Kegiatan budidaya ikan air tawar umumnya dilakukan di sungai, danau, waduk, kolam, dan empang dengan menggunakan berbagai media di antaranya keramba jaring apung (KJA) dan keramba tancap. KJA umumnya dioperasikan di danau atau waduk. Dengan semakin meningkatnya produksi ikan air tawar, tidak menutup kemungkinan semakin banyaknya KJA yang dioperasikan di danau atau waduk. Contoh yang sangat nyata adalah perkembangan KJA di Waduk Cirata.

Waduk Cirata merupakan rangkaian waduk yang terletak di daerah aliran sungai (DAS) Citarum. Waduk Cirata dibangun pada bulan September 1987 dengan tujuan utama adalah sebagai penghasil energi melalui pembangkit listrik tenaga air (PLTA) untuk kebutuhan Provinsi Jawa Barat dan Pulau Jawa. Saat pertama dioperasikan waduk ini memiliki luasan sekitar 6200 Ha dengan rata-rata kedalaman air adalah 34.9 m dan terletak pada ketinggian sekitar 225 m dari permukaan laut (Soemarwoto *et al.*, 1990). Selain fungsi utamanya untuk PLTA, waduk ini juga difungsikan untuk sumber pengairan (irigasi), sumber air bersih, penampungan kelebihan air (mengontrol banjir), sarana rekreasi/pariwisata, dan fungsi lainnya. Dampak sosial yang ditimbulkan dari pembangunan waduk ini adalah pemindahan penduduk dan hilangnya mata pencaharian penduduk kawasan waduk. Solusi dari dampak sosial tersebut adalah melalui kegiatan budidaya ikan dengan KJA di dalam waduk. Namun, kegiatan budidaya ikan ini harus dilaksanakan sesuai dengan prosedur operasi normal PLTA. Dewasa ini, KJA lapis dua (*double net cages*) umumnya dioperasikan di Waduk Cirata, dengan rata-rata ukuran adalah 7 x 7 x

3 m untuk bagian atas dan 7,5 x 7,5 x 7 m untuk bagian bawah (Abery *et al.*, 2005; Effendie *et al.*, 2005). Jaring bagian atas digunakan untuk budidaya ikan mas, sedangkan jaring bagian bawah untuk budidaya ikan nila. Sejak 14 tahun terakhir, perkembangan KJA di waduk ini dirasakan sangat pesat yaitu < 3000 unit KJA tahun 1988 menjadi sekitar 28000 unit KJA tahun 2002 (Abery *et al.*, 2005). Dengan tingkat perkembangan yang tinggi tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap kegiatan budidaya ikan yang berkelanjutan dan kondisi lingkungan perairan waduk.

Dewasa ini, ketersediaan data penginderaan jauh (inderaja) untuk perikanan budidaya dirasakan semakin dibutuhkan. Keunggulan data inderaja adalah dapat memberikan gambaran umum suatu kawasan (wilayah) baik kawasan yang telah dimanfaatkan secara optimal maupun kawasan terpencil (kawasan yang belum dimanfaatkan), sehingga dapat memberikan opsi perencanaan dan pengelolaan yang baik. *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) merupakan satu dari sekian banyak satelit yang dapat dimanfaatkan untuk penelitian perikanan budidaya. ALOS yang diluncurkan oleh *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) pada tanggal 24 Januari 2006, memiliki misi utama adalah pemetaan (*cartography*), pengamatan wilayah/daerah, pemantauan bencana, dan survei sumberdaya (Igarashi, 2001; 2002). ALOS dilengkapi dengan tiga jenis sensor yaitu *Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), *Advance Visible and Near Infrared Radiometer type 2* (AVNIR-2) dan *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR). Dengan spasial resolusi yang cukup tinggi (3 m untuk PRISM dan 10 m untuk AVNIR-2), data ALOS bisa memberikan data tutupan lahan yang akurat. Sebagai contoh, data ALOS AVNIR-2 telah digunakan untuk mengekstrak data sebaran penduduk dan pelabuhan perikanan untuk kajian kelayakan lahan budidaya scallop di Teluk Funka, Hokkaido (Radiarta *et al.*, 2008; Radiarta dan Saitoh, *inpress*).

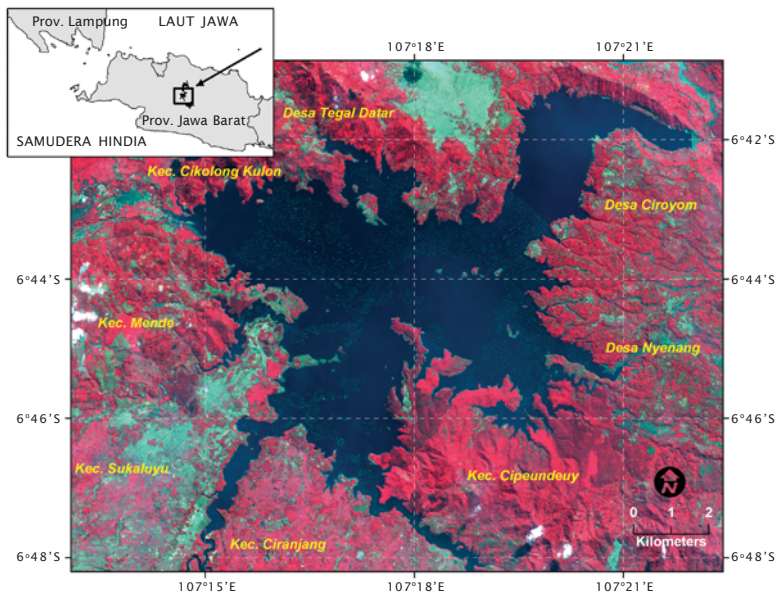
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan distribusi spasial KJA ikan air tawar di Waduk Cirata, Jawa Barat dengan menggunakan data ALOS AVNIR-2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi perkembangan kegiatan budidaya ikan air tawar serta pengelolaan waduk yang berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilakukan di Waduk Cirata, Jawa Barat. Waduk Cirata terbentang pada posisi $6^{\circ} 48' - 6^{\circ} 42'$ Lintang Selatan dan $107^{\circ} 122' - 107^{\circ} 232'$ Bujur Timur. Waduk ini merupakan bagian dari deretan tiga waduk besar yang terletak di DAS Citarum. Dua waduk lainnya adalah Waduk Saguling dan Jatiluhur. Waduk Cirata terletak sekitar 45 km dibagian bawah Waduk Saguling dengan total area resapan (*catchment area*) sekitar 4074 km² (Sumarwoto *et al.*, 1990). Tampilan umum Waduk Cirata dengan menggunakan data ALOS AVNIR-2 disajikan pada Gambar 1.

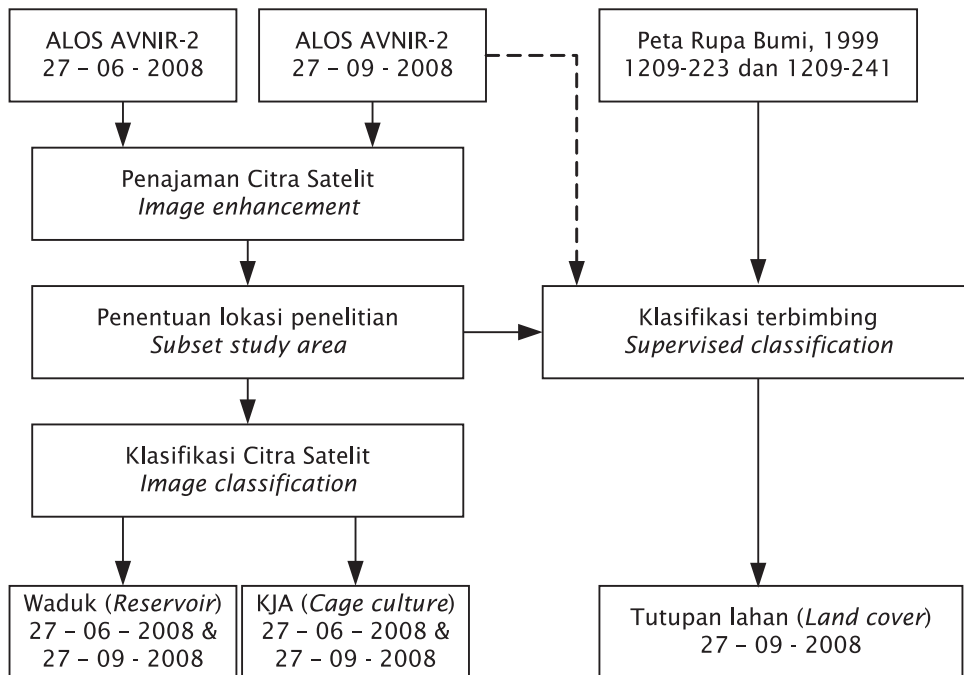
Data dasar yang digunakan dipenelitian ini adalah dua data satelit ALOS AVNIR-2 pada waktu yang berbeda (*multi temporal*). Kedua data tersebut umumnya mewakili musim kering yaitu awal musim kering (data tanggal 27 Juni 2008) dan akhir musim kering (data tanggal 27 September 2008). ALOS AVNIR-2 dengan resolusi spasial 10 m, level 1B2G (*geo-coded*), didownload dari AUIG website (ALOS User Interface Gateway, <https://aui.g.eoc.jaxa.jp/aui/g/en/top/index.html>). Data dengan level tersebut telah dikoreksi (validasi) baik secara radiometrik maupun geometrik (JAXA, 2006).

Secara umum tahapan yang dilakukan untuk analisis pemetaan distribusi KJA di waduk terdiri atas tiga tahapan (Gambar 2). Pertama, penajaman citra satelit. Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan tampilan/gambaran citra satelit yang baik sehingga dapat memudahkan untuk membedakan objek yang diinginkan. Kedua, penentuan lokasi penelitian. Hal ini dilakukan karena umumnya data satelit yang tersedia akan mencakup daerah yang cukup luas (demikian pula dengan data ALOS AVNIR-2 yang digunakan dalam penelitian ini). Sehingga data tersebut perlu dipotong (*subset*) untuk memfokuskan pada lokasi penelitian. Tahapan terakhir adalah klasifikasi citra satelit. Klasifikasi citra satelit yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas dua tahapan yaitu klasifikasi sederhana yang dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) *software* dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi sederhana dilakukan untuk membedakan badan air (waduk) dan daratan. Data waduk ini kemudian dipisahkan tersendiri untuk digunakan sebagai dasar klasifikasi KJA dan air. Hasil klasifikasi ini telah divalidasi melalui survei lapangan yang dilakukan pada tanggal 17 April 2009.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Waduk Cirata, Jawa Barat ditampilkan dengan ALOS AVNIR-2 tanggal 27 Juni 2008, kombinasi kanal 431: merah, hijau dan biru

Figure 1. Study area at Cirata Reservoir, West Java presented using ALOS AVNIR-2 June 27, 2008, band 431: Red Green Blue (RGB)



Gambar 2. Alur analisis pemetaan distribusi keramba jaring apung ikan air tawar di Waduk Cirata, Jawa Barat

Figure 2. Analysis flowchart for mapping of fresh water fish cage culture distribution in Cirata Reservoir, West Java

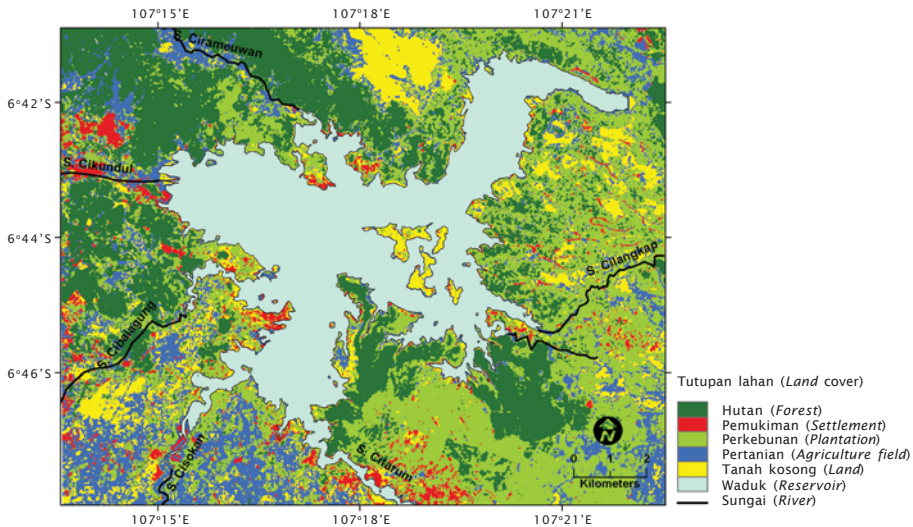
Klasifikasi terbimbing dilakukan untuk memperoleh data/informasi tentang tutupan lahan di lokasi penelitian. Secara umum, klasifikasi data inderaja terbagi atas dua jenis klasifikasi yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*) (Lillesand and Kiefer, 2000). Untuk memperoleh hasil klasifikasi tutupan lahan dengan menggunakan klasifikasi terbimbing, maka diperlukan data kondisi lapangan (*ground truth*). Data ini digunakan sebagai *sample* atau *area of interest* untuk mengklasifikasikan data satelit (Lillesand and Kiefer, 2000). Data lapangan tutupan lahan di lokasi penelitian diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25000 lembar 1209-223 (Ciranjang) dan 1209-241 (Maniis). Kedua peta RBI tersebut adalah keluaran Bakosurtanal tahun 1999.

Pada penelitian ini, data inderaja dianalisis dengan menggunakan Erdas Image 8.5 (ERDAS Atlanta, GA, USA). Selanjutnya analisis spasial (SIG) dilakukan dengan menggunakan ArcGIS 9.3 (The Environmental System Research

Institute, USA). Analisis SIG meliputi: *subset*, *clipping*, klasifikasi data dan penghitungan luasan waduk dan KJA.

HASIL DAN BAHASAN

Secara umum kondisi lingkungan perairan waduk dipengaruhi oleh faktor lingkungan dari dalam dan dari luar waduk. Faktor dari dalam waduk dapat berupa aktivitas pemanfaatan waduk (contohnya KJA, rekreasi/pariwisata dan penangkapan), klimatologi (cuaca, iklim, angin dan musim) dan kondisi limnologi waduk (ekologi, biologi, fisik, dan kimia perairan). Sedangkan faktor dari luar waduk sangat tergantung pada tipe tutupan lahan yang terdapat di area resapan (*catchment area*) waduk. Masing-masing tutupan lahan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kondisi perairan waduk (Xiaoyan *et al.*, 2002). Jenis tutupan lahan hasil klasifikasi citra satelit ALOS AVNIR-2 tanggal 27 September 2008 di sekitar Waduk Cirata disajikan pada Gambar 3. Tutupan lahan dengan dominasi perkampungan/kota akan memberikan



Gambar 3. Tutupan lahan di sekitar Waduk Cirata klasifikasi dengan data ALOS AVNIR-2 tanggal 27 September 2008

Figure 3. Land cover surrounding Cirata Reservoir classified from ALOS AVNIR-2 data acquired on September 27, 2008

pengaruh negatif terhadap kondisi perairan waduk, dikarenakan pasokan limbah yang berasal dari rumah tangga ataupun industri. Sumarwoto *et al.* (1990) dalam penelitiannya tentang indeks kesesuaian kualitas perairan untuk perikanan KJA di Waduk Saguling dan Cirata menyimpulkan bahwa, indeks kesesuaian kualitas perairan di Waduk Saguling kondisinya lebih rendah dibandingkan dengan Waduk Cirata. Hal ini disebabkan karena banyaknya limbah dari Kota Bandung, Cimahi dan Padalarang yang masuk ke Waduk Saguling melalui Sungai Citarum.

Pemantauan tingkat kesesuaian kualitas air terhadap sungai-sungai besar yang bagian hilirnya berhubungan dengan perkampungan/kota dan berhulu di waduk perlu dilakukan secara berkala sehingga pengaruhnya terhadap kegiatan perikanan budidaya dapat diminimalkan. Selain perkampungan/kota, aktivitas pertanian, perkebunan dan hutan dapat pula sebagai sumber pengkayaan nutrisi bagi waduk yang dapat menurunkan mutu air waduk. Kajian yang dilakukan oleh Xiaoyan (Xiaoyan *et al.*, 2002) mengenai karakteristik sumber polusi di DAS Waduk Miyun, Beijing, China menyimpulkan bahwa penyumbang terbesar pengkayaan nutrisi ke dalam waduk secara berturut-turut adalah lahan pertanian, hutan, dan padang rumput.

Berdasarkan data tutupan lahan hasil klasifikasi data ALOS AVNIR-2 tanggal 27 September 2008 (Gambar 3), menunjukkan pada aliran Sungai Cikundul, Cibalagung, Cisokan, Ciratum, dan Cilangkap perlu dimonitor dan dilakukan pemantauan secara berkala, karena sungai-sungai tersebut berasosiasi dengan tutupan lahan (diantaranya pemukiman, pertanian, dan perkebunan) yang diyakini memberikan pengaruh yang besar terhadap limbah dan pengkayaan nutrisi ke dalam waduk.

Daerah di sekitar Waduk Cirata dipengaruhi oleh dua musim yaitu musim kering (sekitar bulan Mei—September) dan musim penghujan (sekitar bulan Oktober—April). Rata-rata curah hujan bulanan adalah 67 – 155 mm saat musim kering dan 169 – 328 mm saat musim hujan (Hayami *et al.*, 2008). Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi luasan waduk (garis pantai) pada setiap musimnya. Pemantauan dengan data satelit ALOS AVNIR-2 untuk dua waktu yang berbeda menunjukkan total luasan waduk yang cukup berbeda yaitu 5839 ha pada bulan Juni 2008 dan 4818 ha pada bulan September 2008 (Tabel 1, Gambar 4A). Luasan waduk tahun 2008 tidak jauh berbeda dengan luasan waduk yang dihitung tahun 2002 dengan data satelit Landsat ETM+ yaitu 5.794 ha pada bulan April dan 4.664 ha

pada bulan September (Radiarta *et al.*, 2005). Namun dari dua estimasi (penelitian ini dan Radiarta *et al.*, 2005) tersebut menunjukkan bahwa luasan waduk tidak pernah mencapai luasan awal saat dioperasikan yaitu 6200 Ha. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh dua faktor yaitu (1) faktor pemanfaatan data satelit yang dianalisis pada penelitian (penelitian ini dan Radiarta *et al.*, 2005) tidak pada saat puncak musim penghujan dan (2) faktor adanya kecenderungan berkurangnya volume air yang ditampung dalam waduk. Kecenderungan berkurangnya volume air ini, kemungkinan besar berhubungan dengan pengaruh pemanasan global yang terjadi (IPCC, 2007). Saat ini, masalah pemanasan global telah menjadi topik penelitian hangat di berbagai bidang, meliputi klimatologi, ekologi, ekosistem, perikanan (tangkap dan budidaya), dan bidang lainnya.

Berdasarkan data ALOS AVNIR-2, penelitian ini berhasil mengestimasi luasan KJA di Waduk Cirata untuk dua waktu yang berbeda (Tabel 1). Gambar 4B menunjukkan distribusi spasial KJA di Waduk Cirata. Hasil estimasi tersebut menunjukkan adanya peningkatan luasan area KJA dari 892 Ha pada bulan Juni 2008 menjadi 949 Ha pada bulan September 2008. Jika dihitung rasio pemanfaatan lahan untuk KJA dan luasan waduk juga menunjukkan peningkatan sekitar 5%, yaitu dari 15% pada bulan Juni 2008 menjadi 20% pada bulan September 2008. Luasan KJA yang diperoleh dari penelitian ini belum dapat membedakan antara KJA yang masih berfungsi atau KJA yang tidak berfungsi. Namun estimasi luasan dan tampilan distribusi spasial KJA dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dasar bagi pemantauan perkembangan KJA di Waduk Cirata guna

mendukung pengelolaan yang berkelanjutan. Peningkatan luasan KJA dapat berindikasi pada peningkatan jumlah unit KJA yang dioperasikan di waduk. Dari Gambar 4B tersebut dapat dilihat bahwa penempatan KJA belakangan ini sudah tidak lagi memenuhi kriteria kesesuaian lahan untuk pengembangan perikanan KJA di waduk. Penempatan KJA yang sesuai dan pemantauan distribusi KJA serta mengurangi jumlah yang ada dapat berimplikasi pada peningkatan total produksi dan tetap terjaganya kualitas perairan waduk.

Penelitian mengenai hubungan antara jumlah KJA dan produksi maksimal yang dilakukan Abery *et al.* (2002) di Waduk Cirata menyimpulkan bahwa jumlah maksimal KJA di Waduk Cirata adalah 20300 KJA untuk mencapai produksi maksimum sekitar 25375 ton per tahun. Sedangkan menurut Coasta-Pierce (1998), daya dukung Waduk Cirata untuk KJA adalah sekitar 10.600 KJA. Peningkatan jumlah KJA tidak selalu berakibat pada peningkatan jumlah produksi. Produksi maksimum per KJA di Waduk Cirata terpantau pada tahun 1995 (sekitar 2300 kg per KJA), namun setelah itu terjadi penurunan produksi yaitu sekitar 400 kg per KJA di tahun 2002 (Abery *et al.*, 2002). Peningkatan jumlah KJA yang melebihi daya dukung dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan perairan yaitu penurunan kualitas perairan yang berakibat sering terjadinya tingkat kematian ikan. Kondisi ini secara umum akhirnya akan berakibat pada penurunan produksi baik produksi per KJA maupun total produksi.

KESIMPULAN

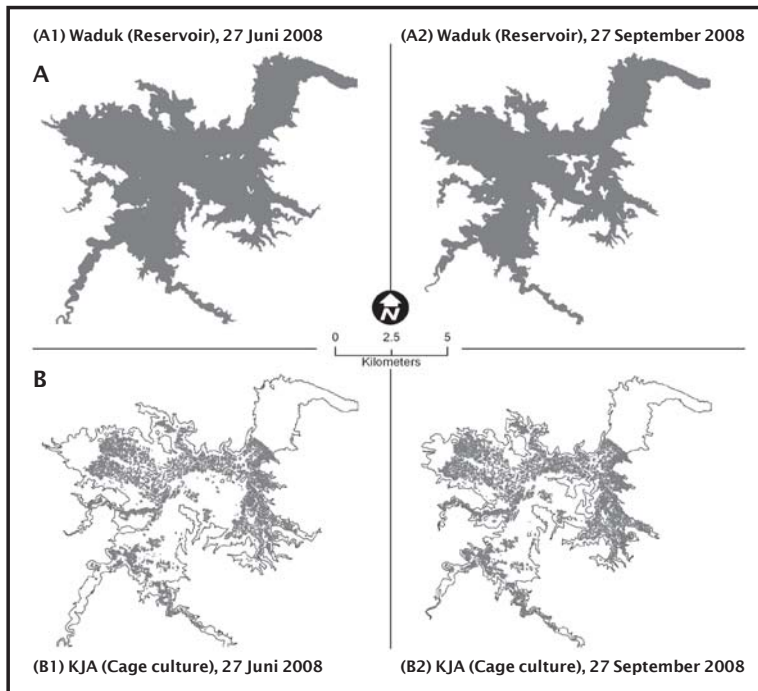
Sejak dioperasikan Waduk Cirata tahun 1987, keberadaan KJA yang ada semakin

Tabel 1. Proporsi luasan waduk (ha), luasan distribusi KJA (ha), dan rasio (%) pada waktu pemantauan yang berbeda

Table 1. Proportion of reservoir area (ha), cage culture distribution area (ha), and ratio (%) based on different time acquisition

Waktu pemantauan Data acquisition	Luasan (Ha) / Area (Ha)		Rasio (%) [*] Ratio (%) [*]
	Waduk Reservoir	KJA Cage culture	
27 Juni 2008	5,839	892	15
27 September 2008	4,818	949	20

^{*}) Perbandingan antara luasan KJA dengan luasan waduk (Ratio between cage culture area and reservoir area)



Gambar 4. Karakteristik Waduk Cirata, Jawa Barat pada waktu pemantauan yang berbeda: (A) tampilan geografis waduk dan (B) distribusi KJA

Figure 4. Characteristic of Cirata Reservoir, West Java based on different time of acquisition: (A) geographic view of the reservoir and (B) distribution of cage culture

bertambah jumlahnya. Penambahan jumlah KJA ini disinyalir telah melebihi daya dukung waduk. Beberapa efek negatif telah ditimbulkan oleh makin bertambahnya jumlah KJA tersebut, di antaranya menurunnya kualitas perairan didalam waduk yang pada akhirnya berpengaruh terhadap produksi perikanan KJA yang dihasilkan. Dengan menggunakan satelit data ALOS AVNIR-2, penelitian ini berhasil menggambarkan secara spasial kondisi yang mempengaruhi keberlanjutan kegiatan perikanan budidaya KJA di waduk yang meliputi aspek dari luar (jenis tutupan lahan sekitar waduk) dan aspek dari dalam (luasan waduk dan KJA). Hasil klasifikasi dan estimasi menunjukkan bahwa, terjadi peningkatan luasan KJA dari bulan Juni ke bulan September, sedangkan luasan waduk (garis pantai) mengalami penurunan. Penelitian ini membuktikan bahwa data satelit ALOS AVNIR-2 dapat dimanfaatkan untuk memetakan distribusi KJA di dalam waduk. Hasil yang

diperoleh dari penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pihak perencana demi terlaksananya pengelolaan waduk yang berkelanjutan.

DAFTAR ACUAN

- Abery, N.W., Sukadi, F., Budhiman, A.A., Kartamihardja, E.S., Koeshendrajana, S., Buddhiman, & De Silva, S.S. 2005. Fisheries and cage culture of three reservoirs in West Java, Indonesia: a case study of ambitious development and resulting interactions. *Fisheries Management and Ecology*, 12: 315-330.
- Costa-Pierce, B.A. 1998. Constraints to the sustainability of cage aquaculture for resettlement from hydropower dams in Asia: an Indonesian case study. *Journal of Environment and Development*, 7: 333-363.
- Effendie, I., Nirmala, K., Hasan Saputra, U., Sudrajat, A.O., Zairin, M., & Kurokura, H.

2005. Water quality fluctuations under floating net cages for fish culture in Lake Cirata and its impact on fish survival. *Fisheries Science*, 71: 972-977.
- FAO. 2009. Global aquaculture and capture fisheries production. <http://www.fao.org/fishery/topic/16140/en>. Didownload tgl 10 Juni 2009.
- Hayami, Y., Ohmori, K., Yoshino, K., & Garno, Y.S. 2008. Observation of anoxic water mass in a tropical reservoir: the Cirata Reservoir in Java, Indonesia. *Limnology*, 9: 81-87.
- Igarashi, T. 2001. *ALOS mission requirement and sensor specifications*. Advance Space Research, 28: 127-131.
- Igarashi, T. 2002. *Overview of NASDA's earth observation remote sensing*. Advanced Space Research, 29: 1,619-1,624.
- IPCC. 2007. *Summary for policymakers*. In: Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel of climate change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- JAXA. 2006. *ALOS/AVNIR-2 Level 1 product format description. Revision J. JAXA- Earth Observation Research Center*, 140 pp.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fouth Edition. John Wiley&Son, New York, USA, 736 pp.
- Radiarta, I N., Prihadi, T.H., & Sunarno, T. 2005. Pemantauan perikanan budi daya berbasis KJA di Waduk Cirata dengan menggunakan multi-temporal data landsat 7. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(2), p. 2—8.
- Radiarta, I N., Saitoh, S-I., & Miyazono, A., 2008. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture*, 284: 127-135.
- Radiarta, I N. & Saitoh, S-I., in press. Biophysical models for Japanese scallop, *Mizuhopecten yessoensis*, aquaculture site selection in Funka Bay, Hokkaido, Japan using remotely sensed data and geographic information system. *Aquaculture International*. doi: 10.1007/s10499-008-9212-8.
- Soemarwoto, O., Roem, C.M., Herawati, T., & Costa-Pierce, B.A. 1990. Water quality suitability of Saguling and Cirata reservoirs for development of floating net cage aquaculture. In: B.A. Costa-Pierce, O. Soemarwoto (eds) *Reservoir Fisheries and Aquaculture Development for Resettlement in Indonesia*. Manila, Philippines: *ICLARM, Technical Report 23*, p. 18-111.
- Xiaoyan, W., Yixun, W., Tingfang, L., Wei, H., Qiuju, H., & Hongfen, Z. 2002. Characteristics of non-point source pollution in the Watershed of Miyun Reservoir, Beijing, China. *Chinese Journal of Geochemistry*, 21: 89-95.